

(11)Publication number : 07-083730  
(43)Date of publication of application : 31.03.1995

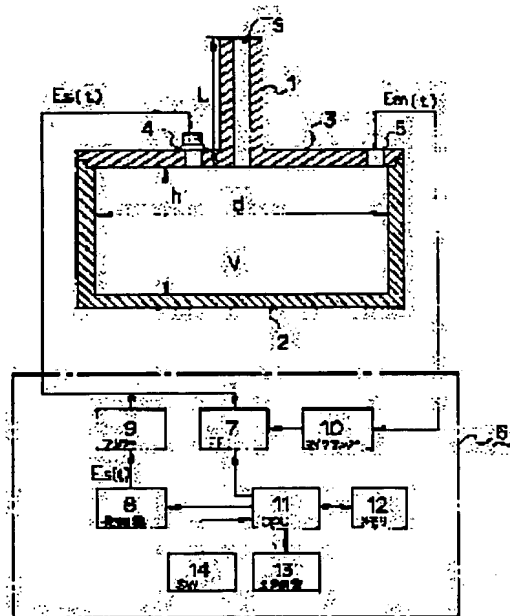
**G01F 17/00**

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(72)Inventor : IMANISHI MASANORI  
TORII SHUJI

(57)Abstract:

**CONSTITUTION:** The volume nometer is constituted so that the resonance frequency of a Helmholtz resonator constituted by connecting a container 2 which is an object to be measured to one end of an acoustic tube 1 and the resonance frequency of standing waves generated in the container 2 can be measured. Since the temperature for deciding the resonance frequency of the Helmholtz resonator and resonance frequency of standing waves are set so that they can become equal to each other and the sound velocities for deciding both resonance frequencies are regarded as the same, the volume of the container can be measured with high accuracy by erasing the sound velocities by taking the ratio between both resonance frequencies.



**[Date of request for examination]**

**[Date of sending the examiner's decision of rejection]**

**[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]**

**[Date of final disposal for application]**

[Patent number]

**[Date of registration]**

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-83730

(43) 公開日 平成7年(1995)3月31日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 1 F 17/00

識別記号

庁内整理番号

C

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-231732

(22) 出願日 平成5年(1993)9月17日

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 今西 正則

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

(72) 発明者 鳥居 修司

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

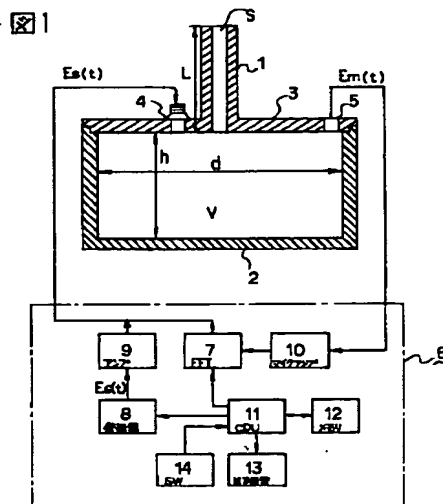
(74) 代理人 弁理士 中村 純之助 (外1名)

(54) 【発明の名称】 容積計

(57) 【要約】

【目的】 音響共振器内の不均一な温度分布に起因する測定誤差をなくすることができる音響式容積計を提供する。

【構成】 音響管1の一端に被測定物となる容器2を接続して得られるヘルムホルツ共振器の共振周波数と、容器2の内部に発生する定在波の共振周波数を測定できるよう構成されている。ヘルムホルツ共振器の共振周波数と定在波の共振周波数を決定する温度は同じになるように設定され、音速もまた同じとみなされるから、両共振周波数の比をとることにより、音速を消去し、精度の高い容積測定をおこなうことができる。



1…音響管  
2…容器  
3…重  
4…音源  
5…マイクロホン  
6…微分制御手段  
7…FFTアナライザ

8…振動器  
9…音源用アンプ  
10…マイクロホン用アンプ  
11…CPU  
12…メモリ  
13…出力装置  
14…測定スイッチ

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】音響管の一端に被測定物となる容器を接続して形成されるヘルムホルツ共鳴器と、  
上記ヘルムホルツ共鳴器の共振周波数と、上記被測定物容器の内部に発生する定在波の共振周波数もしくは被測定物容器の蓋に設けられた空洞に発生する定在波の共振周波数とを測定する手段と、  
上記共振周波数から上記容器の容積を求める演算制御手段と、  
を具備することを特徴とする容積計。

【請求項 2】音響管の一端に被測定物となる容器を接続し、他端にも他の容器を接続して構成される音響共振器と、  
上記音響共振器の共振周波数と、上記被測定物容器の内部に発生する定在波の共振周波数もしくは被測定物容器の蓋に設けられた空洞に発生する定在波の共振周波数とを測定する手段と、  
上記共振周波数から被測定物容器の容積を求める演算制御手段と、  
を具備することを特徴とする容積計。

10

$$f_1 = (c/2\pi) \sqrt{(S/VL)} \quad \dots (数1)$$

(c:音速、S:音響管断面積、L:音響管長さ、V:※ ※被測定物容器の容積)と音響管共鳴周波数  $f_1$

$$f_2 = c/(2L) \quad \dots (数2)$$

の比をとると音速  $c$  が同じであるから音速  $c$  は消去され、容積  $V$  を求めることができるというものである。★

★お音速  $c$  は下記 (数 3) 式で与えられる。

$$c = \sqrt{(\gamma P_0/\rho)} = \sqrt{(\gamma R T/\mu)} \quad \dots (数3)$$

( $\gamma$ :定圧定積比熱比、 $P$ :圧力、 $\rho$ :密度、 $R$ :気体定数、 $T$ :絶対温度、 $\mu$ :1モルの質量)

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、主音響共振器 (ヘルムホルツ共鳴器) と補助音響共振器 (ヘルムホルツ共鳴器の音響管) が空間的に離れていて、温度勾配がある場合はヘルムホルツ共鳴器と補助音響共振器の温度が異なり、この結果音速  $c$  はそれぞれ別の値をとり、ヘルムホルツ共振周波数  $f_1$  と補助音響共振周波数  $f_2$  の比をとっても音速  $c$  は消去できず、求める容積  $V$  を精度よく測定できないという問題点があった。本発明はこのような従来の問題点に着目してなされたもので、主音響共振器 (ヘルムホルツ共鳴器) の共振周波数  $f_1$  を決定する温度と等しい温度を持つ場所に発生する定在波の共振周波数  $f_3$  を求めることにより上記問題点を解決することを目的としている。

30

## 【0004】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため本発明においては、特許請求範囲に記載するように構成されている。すなわち請求項 1 に記載された発明の音響式容積計は、音響管の一端に被測定物となる容器を接続して形成されるヘルムホルツ共鳴器と、上記ヘルムホルツ共鳴器の共振周波数と、上記被測定物となる容器の内部もしくは容器の蓋の空洞に発生する定在波の共振周

50

## \* 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、音響共振器の各振動系の共振周波数を測定して被測定物の容積を求める音響式容積計に関し、特に不均一な温度分布に起因する誤差を低減させる高精度計測技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の容積計としては、特開昭 63-44127 号公報のようなものがある。特開昭 63-44127 号公報の内容は、容器に音響管を接続して得られるヘルムホルツ共鳴器に、補助音響共振器を音響的に結合するか、あるいは上記音響管を補助音響共振器として兼用するように構成された音響系において、上記ヘルムホルツ共鳴器の共振周波数と上記補助音響共振器の共振周波数との比より、温度や湿度の変化によって生ずる共振周波数変化の影響を補正し、上記容器の容積を求めるというものである。すなわちヘルムホルツ共鳴器と補助音響共振器の温度が同じ場合はヘルムホルツ共振周波数  $f_1$

波数とを測定する手段と、上記共振周波数から上記容器の容積を求める演算制御手段とを具備している。また請求項 2 に記載された発明の音響式容積計は、音響管の一端に被測定物となる容器を接続し、他端にも他の容器を接続して構成される音響共振器と、上記音響共振器の共振周波数と、上記被測定物となる容器の内部もしくは容器の蓋の空洞に発生する定在波の共振周波数とを測定する手段と、上記共振周波数から被測定物容器の容積を求める演算制御手段とを具備している。

## 【0005】

【作用】上記のように、本発明の容積計においては、主音響共振器 (ヘルムホルツ共鳴器) の共振周波数と被測定物となる容器の内部もしくは容器の蓋の空洞に発生する固有振動の共振周波数とを測定すると、(数 1) 式の  $f_1$  を決定する温度と後記 (数 4) 式の  $f_3$  を決定する温度はほぼ等しいので、両式より音速  $c$  を消去することができ、温度に起因する誤差を低減することができる。

## 【0006】

【実施例】以下、この発明を図面に基づいて説明する。(実施例 1) 図 1 は、この発明の一実施例を示す図である。まず構成を説明すると、音響管 1 を蓋 3 を持つ容器 2 に接続し、ヘルムホルツ共鳴器を構成する。ここで容器 2 は 1 辺の長さ  $d$ 、深さ  $h$  の角柱状の容器とする。容器内部の空気または特定気体を音響的に加振するための

3

スピーカ4を設置する。スピーカ4はヘルムホルツ共鳴が発生しやすく、かつ容器内定在波が発生しやすい位置に取り付ける。図においてd方向の定在波を活用する場合は、容器中央以外の位置にスピーカを設定すると良い。また容器内部の音圧を検出するマイク5を設置する。この場合、例えばd方向の定在波を検出するときは、音圧の腹に近い位置（音圧の節以外の位置）、例えば容器壁近辺に設置する。次に、演算制御部6の構成を説明する。8は発振器であり、出力信号 $E_s(t)$ はアンプ9で増幅され、音源4を駆動するとともにFFTアナライザ7に入力するように接続されている。10はマイクロホン用アンプで、マイクロホン5の出力信号 $E_m(t)$ を増幅してFFTアナライザ7に入力するよう接

$$f_1 = (c_1 / 2\pi) \sqrt{(S/VL)} \quad \dots (数1)$$

( $c_1$ :音速、 $S$ :音響管断面積、 $L$ :音響管長さ、 $V$ :被測定物容器の容積)次に、容器内に発生する定在波は図1に示すような単純形状の場合、d方向とh方向※

$$f_3 = c_2 / (2d) \quad \dots (数4)$$

である。ここで $c_2$ :音速である。

【0008】上記の共振周波数 $f_1$ 、 $f_3$ は容器内部の音圧の形でマイクロホン5で検出され、さらにマイクロホン出力信号 $E_m(t)$ はアンプ10を介してFFTアナライザ7に入力する。ここでCPU11の指令によりFFTアナライザ7は音源への信号 $E_s(t)$ を入力とし、マイクロホン出力信号 $E_m(t)$ を出力とする伝達関数を演算して求め、この演算が終了すると発振器8の発振を停止させる。このときFFTアナライザ7で求め★

$$V = \{(d/\pi)(c_1/c_2)\}^2 (S/L)(f_3/f_1)^2 \quad \dots (数5)$$

が得られる。容器内温度分布があっても容器内全体の平均的温度により規定される $c_1$ と、容器内d方向の平均

$$V = (d/\pi)^2 (S/L)(f_3/f_1)^2 \quad \dots (数6)$$

となる。d、S、Lは既知の定数であるから、 $f_1$ 、 $f_3$ を測定し、測定結果を(数6)式に代入することにより容積Vを求め、その結果を出力装置13に出力させる。

【0009】(実施例2)請求項1に関する他の実施例を図3(a)および(b)に示す。定在波を発生させる部分の温度はヘルムホルツ共鳴器の共振周波数を決定す◆

$$f_3 = c / (2d)$$

この共振は空洞15の両端部で圧力が最大となるので、それを考慮しマイクロホンを取り付ければよい。(数7)式と(数1)式の比をとると容器2の容積が求まり、容積Vは(数6)式と同じ形で与えられる。

【0010】(実施例3)請求項1に関する他の実施例で、定在波を発生させる部分を図4(a)に示す。容器2の蓋3には円筒形状の空洞15が設けられている。円筒形状の空洞の振動には図4(b)に示すように、深さ方向のモードの定在波の他、周方向モード、径方向モー

$$V = (d/2)^2 (S/L)(f_{10}/f_1)^2 \quad \dots (数10)$$

ただし、上記のような円筒形状の空洞15を用いる場合、被測定物である容器2内部にも同様な空洞共振が発

4

\* 続されている。11はCPUで、FFTアナライザ7、発振器8、メモリ12の全ての動作を制御し、また測定値を用いて所定の演算を行ない、その結果を出力装置13に出力する。

【0007】次に作用を説明する。測定SW14がONされるとCPU11は測定動作に入る。CPU11の指令により発振器8は周波数特性の平坦な信号 $E_s(t)$ を発振し、アンプ9を介して音源4を駆動する。これを入力とし、容器内には次のような共振が発生する。まず、第1に音響管1と容器2とで構成されるヘルムホルツ共鳴器は前述(数1)式で表わされる周波数で共振する。

※に発生する。d>hとすれば最低次の共振周波数はd方向の方が低く、

★た伝達関数は図2のように各共振点において、振幅特性|H|ではピーク、位相特性∠Hでは反転する特性となる。CPU11は、この伝達関数データを取り込み、振幅特性のピーク周波数、または予め実験等で求めておいた共振点での位相 $\phi_1$ 、 $\phi_3$ と上記位相特性との交点にあたる周波数値から $f_1$ 、 $f_3$ を求める。図2においては $f_1$ は周波数A、 $f_3$ は周波数Bとして記されている。次に容積Vを求める。(数1)式、(数4)式の比をとると

☆の温度 $c_2$ はほぼ同じであるから $c_1 = c_2$ とおけると  
め、(数5)式は、

◆る温度とほぼ等しいことが大切で、予備の実験の結果、本実施例では容器2の蓋3の部分に空洞15が設けられている。(a)では長さdの円柱状空洞、(b)では長さdの角柱状空洞が設けられているが、いずれも両端が閉止した管とみなされるので、下記(数7)式で表わされる周波数 $f_3$ で共振する。

$$\dots (数7)$$

\* dの定在波があり、下記(数8)式で表される周波数 $f_m$ で共振する。

$$f_m = \rho_m c / (\pi d) \quad \dots (数8)$$

( $\rho_m$ :振動モードにより決定される定数、m:周方向モード次数、n:径方向モード次数、c:音速)

この中で1次周方向モードの共振周波数が最低周波数で

$$f_{10} = c / (\pi d) \quad \dots (数9)$$

で与えられ、さらに(数1)式との比をとって容積Vが求められる。

50 生する可能性がある。ゆえに、このような場合は、容器2の径と円筒形状空洞15の径とが大きく異なるように

すればよい。他の実施例と同様に上記各式は理想的な条件下での理論式であり、実際の計算式は既知の容積の容器等を用いた較正実験で決定されるため、寸法 $d$ 、定数 $\rho_m$ 等の厳密な値は必要としない。

【0011】(実施例4) 図5には本発明の請求項2に関する実施例を示す。この実施例は、長さ $L$ 、内部断面積 $S$ の音響管1の一端に容積 $V$ の被測定物となる容器\*

$$f_1' = (c/2\pi) \sqrt{\{S(V+V_0)/LVV_0\}} \quad \dots (数11)$$

で与えられる。(数11)式の $f_1'$ と(数4)式の $f_3$ ※※との比をとると

$$V = 1 / \{ \{ (f_1' / f_3)^2 / K \} - (1/V_0) \} \quad \dots (数12)$$

が得られる。ただし $K = (d/\pi)^2 S/L$ である。ここで容積 $V_0$ が既知であれば(数12)式によって容積 $V$ を求めることができる。

【0012】(実施例5) 図6には請求項2に関する他の実施例を示す。この実施例は図5の実施例と同様、長さ $L$ 、内部断面積 $S$ の音響管1の一端に容積 $V$ の被測★

$$f_3 = c / (2d)$$

で与えられる。(数13)式と(数11)式との比をとって容積 $V$ を求めることができる。容積 $V$ は(数12)式と同じ式で与えられる。

【0013】

【発明の効果】以上説明してきたように、この発明によれば、ヘルムホルツ共鳴器(主音響共振器)の共振周波数 $f_1$ と、容器内に発生する定在波もしくは容器の蓋の空洞に発生する定在波の周波数 $f_3$ との比により容器容積 $V$ を求める構成とした。共振周波数 $f_1$ と $f_3$ を決定する温度は同じで、各々の周波数を与える音速 $c$ も同じ値となり、比をとって消去することができる。容器内に温度勾配があっても、両共振周波数の音速値が同じであるから、安定して、正確な容積 $V$ を求めることができる。各実施例は、それぞれ上記共通の効果に加えて、さらに以下のような効果がある。すなわち図5、図6の例は外部からの騒音の遮断に優れており、また図3、図4、図6の例は定在波発生部が蓋側にあり、容器によらず常に一定寸法を保ち得るため、容積 $V$ 測定精度に優れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の音響式容積計の第1の実施例を示す音響共振器の断面図と演算制御回路のブロック図。

\* 2が接続され、他端に容積 $V_0$ の他の容器16を接続した系になっている。20はハンドル、21はスピーカ4とマイクロホン5に接続された配線を取り出すための端子である。本実施例の音響共振器は、いわゆるヘルムホルツ共鳴器ではなく、音響管1の両端に2つの空洞が接続された系であり、共振周波数 $f_1'$ は

★定物となる容器2が接続され、他端に容積 $V_0$ の他の容器16を接続した系になっている。20はハンドル、21はスピーカ4とマイクロホン5に接続された配線を取り出すための端子である。さらに容器の蓋3の内部に定在波が発生しやすい空洞を設けている。長さが $d$ の円柱状空洞が設けられていると定在波の周波数 $f_3$ は

$$\dots (数13)$$

【図2】伝達関数特性図。

【図3】本発明の音響式容積計の第2の実施例の音響共振器(a)および(b)の断面図。

【図4】本発明の音響式容積計の第3の実施例を示す音響共振器の断面図と円筒状空洞に発生する定在波の振動モードを示す図。

【図5】本発明の音響式容積計の第4の実施例を示す音響共振器の断面図。

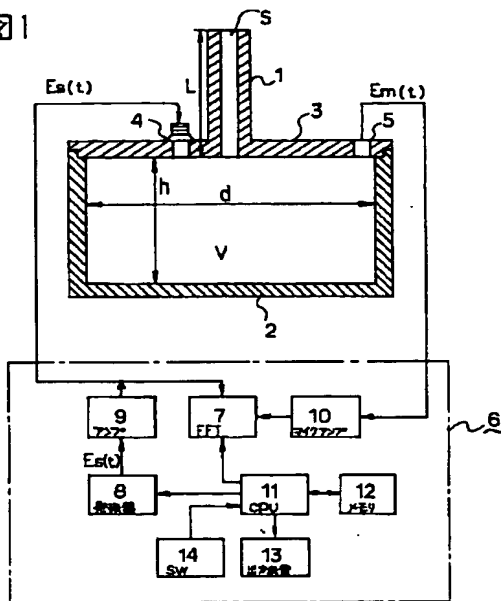
【図6】本発明の音響式容積計の第5の実施例を示す音響共振器の断面図。

【符号の説明】

1…音響管	10…マイクロホン
20 用アンプ	
2…容器	11…CPU
3…蓋	12…メモリ
4…音源	13…出力装置
5…マイクロホン	14…測定スイッチ
6…演算制御手段	15…空洞
7…FFTアナライザ	16…容器
8…発振器	20…ハンドル
9…音源用アンプ	21…端子

【図1】

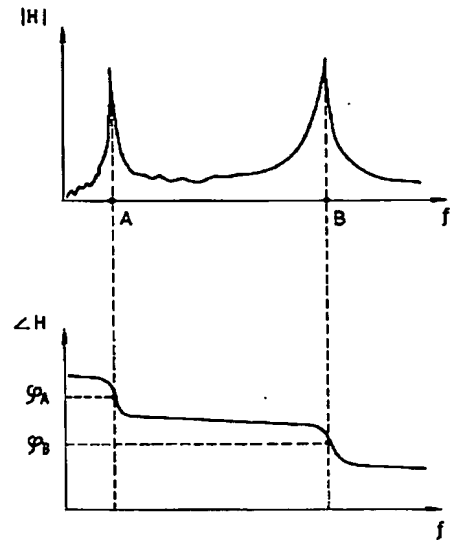
図1



- |            |               |
|------------|---------------|
| 1…音響管      | 8…受振器         |
| 2…容器       | 9…音増用アンプ      |
| 3…蓋        | 10…マイクロホン用アンプ |
| 4…音源       | 11…CPU        |
| 5…マイクロホン   | 12…メモリ        |
| 6…演算制御手段   | 13…出力装置       |
| 7…FFTアナライザ | 14…測定スイッチ     |

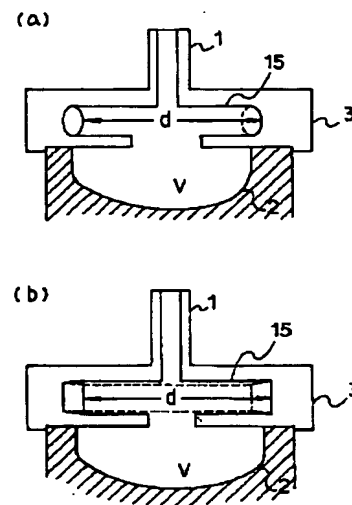
【図2】

図2



【図3】

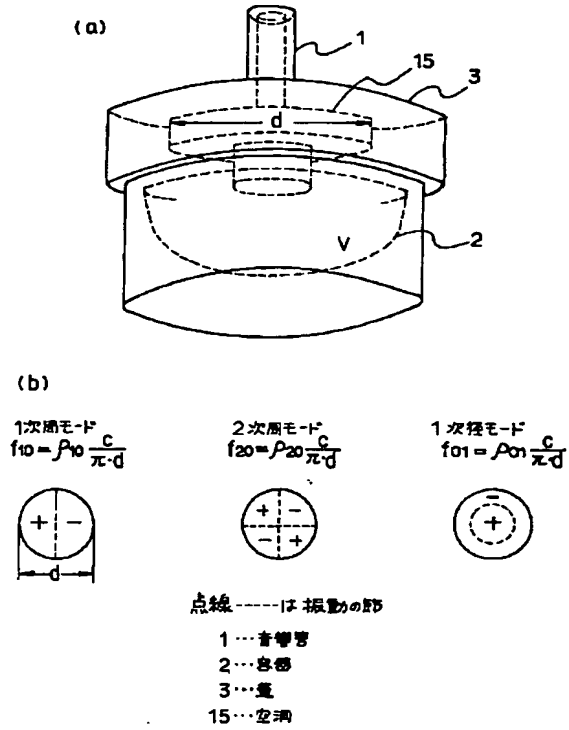
図3



- |       |
|-------|
| 1…音響管 |
| 2…容器  |
| 3…蓋   |
| 15…空洞 |

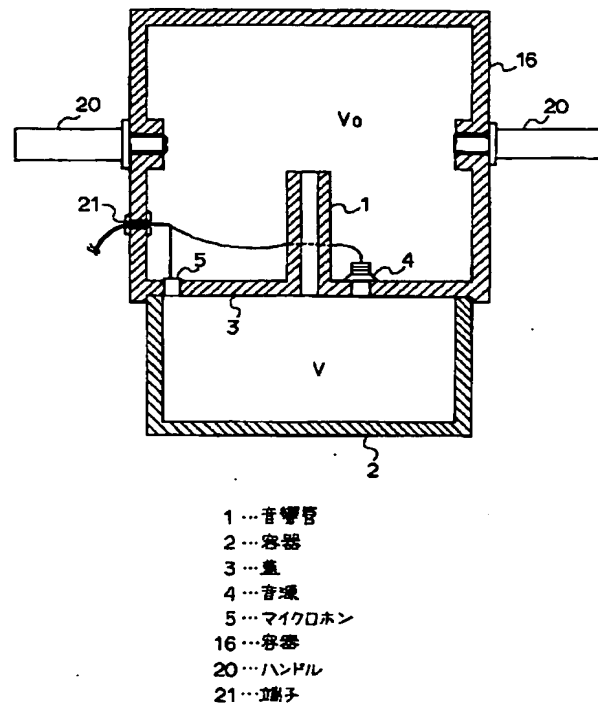
【図4】

図4



【図5】

図5



【図6】

図6

